

Die Paßgenauigkeit von gegossenen Kronenringen in Abhängigkeit  
vom Degussa-Gußverfahren und dem Whip-Mix-Gußverfahren

Friedrich Lüder

1974





Digitized by the Internet Archive  
in 2026



Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie  
(Vorsteher: Prof. Dr. H. Marx) der Klinik und Poliklinik für Zahn-,  
Mund- und Kieferkrankheiten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Die Paßgenauigkeit von gegossenen Kronenringen in Abhängigkeit  
vom Degussa-Gußverfahren und dem Whip-Mix-Gußverfahren

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

den Medizinischen Fachbereichen vorgelegt von

Friedrich L ü d e r  
aus Bitterfeld  
Mainz 1972

Fachbereichsdekan: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl

Referent: Prof. Dr. H. Marx

Korreferent: Prof. Dr. K. Fuhr

Tag der mündlichen Prüfung: 10.4.1974

Gesamtherstellung



DITTERS BÜRODIENS

6501 HEIDESHEIM/RHEIN

AM KAPELLEN 1 · RUF 0 61 32 / 57 11



# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                         | Seite |
|---------------------------------------------------------|-------|
| I Einleitung und Problemstellung .....                  | 1     |
| II Erläuterungen zum Thema und Literaturübersicht ..... | 2     |
| III Methode und Materialien .....                       | 5     |
| a) Prüfkörper und Prüfling .....                        | 5     |
| b) Einbettmethoden .....                                | 6     |
| c) Gußapparate .....                                    | 13    |
| d) Versuchsreihen und Meßwerte .....                    | 15    |
| IV Statistische Methode .....                           | 19    |
| V Ergebnis und Diskussion .....                         | 22    |
| VI Zusammenfassung .....                                | 26    |
| Fotographische Abbildungen .....                        | 27    |
| Literaturverzeichnis .....                              | 28    |



## I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Ergebnisse des zahnärztlichen Edelmetallgusses konnten lange Zeit nicht befriedigen. Dies änderte sich erst, als man die Eigenschaften der dabei beteiligten Materialien, insbesondere die Gußlegierungen und die Einbettmassen, näher ergründete und die Einbett- und Gußverfahren verbessern konnte.

Die größten Schwierigkeiten bei der Herstellung eines paßgenauen Gusses bereitet die Schrumpfung des Gußobjektes beim Abkühlen nach dem Guß. Diese soll möglichst durch bestimmte Eigenschaften der Einbettmasse kompensiert werden, und zwar durch die Abbindeexpansion und durch die thermische Expansion. Die Abbindeexpansion kann durch Zugabe von Wasser während des Abbindevorganges noch gesteigert werden (hygroskopische Expansion). Hier, wie bei den Gußmaschinen, bei denen heute mit dem Schleuderguß und dem Spritzguß zwei Prinzipien im Vordergrund stehen, herrscht Uneinigkeit bei der Wahl der Verfahren.

Sinn der vorliegenden Arbeit und der dazu gemachten Versuche soll es sein, hinsichtlich der Paßgenauigkeit die günstigste der folgenden Einbett- und Gußmethoden herauszufinden:

- a) I. Schwundausgleich, hauptsächlich durch thermische Expansion
- II. Schwundausgleich, hauptsächlich durch hygroskopische Expansion
- b) I. Schleuderguß (Degussa Horizontalschleuder)
- II. Luftdruckguß + Vakuumunterstützung (Tricaster der Whip-Mix Corporation)

## II. ERLÄUTERUNGEN ZUM THEMA UND LITERATURÜBERSICHT

Sollen gegossene Füllungen oder Kronen eingegliedert werden, verlangt man nicht nur gute Funktion des wiederhergestellten Zahnes, sondern auch gute Paßgenauigkeit von Inlays und Kronen. Eine schlechte Paßgenauigkeit zeigt sich - abgesehen von unanatomischer Gestaltung - besonders an einem großen Randspalt oder einer Stufe zwischen Metall- und Präparationsgrenze. Ein nicht exakter Randschluß begünstigt das Entstehen von Karies und marginalen Parodontopathien.

GROPP (10) und Mitarbeiter fanden, daß die meisten pathologischen Reaktionen an überkronen Zähnen auf einen mangelhaften Randschluß zurückzuführen sind.

Die Voraussetzung für eine gute Paßgenauigkeit wird zunächst einmal von der Kunst des Behandelnden vorgegeben, der durch sorgfältiges Beschleifen des Zahnstumpfes und genaue Abformmethoden die Herstellung eines authentischen Modelles zu ermöglichen hat (17).

Beim Eingliedern der Krone können sich durch eine schon vorher ungünstige Präparation (4) und durch das Zementieren ungünstigere Randspaltverhältnisse ergeben (2). Diese klinischen Probleme, die zweifelsohne bedeutend und u.a. von EICHNER und VOSS (5) diskutiert worden sind, sollen hier nicht berücksichtigt werden. Allein die rein gußtechnischen Probleme bei der Herstellung von Kronen bzw. Kronenringen sollen näher betrachtet werden.

Die Hauptfrage des zahnärztlichen Gusses besteht also darin, wie ein genau passendes Werkstück zu erhalten ist, d.h. innerhalb der zulässigen Grenzen muß das Gußstück genau der Ausgangsform entsprechen (12). Diese klinisch zulässigen Grenzen werden von verschiedenen Autoren verschieden weit gesteckt: DREYER-JÖRGENSEN (3) erlaubt Spaltbreiten bis zu  $50\mu$ , BEECK (1) und WEIKART (28) fordern eine Höchstgrenze von  $10-26\mu$ .

Das Verfahren, die Paßgenauigkeit meßbar zu bestimmen und nicht durch Probieren sehr subjektiv zu erhalten, kann verschieden sein: DREYER-JÖRGENSEN (3) mißt die Spaltbreite eines MOD-Inlay in einer Phantomkavität. WEIKART (28) modifiziert die Methode von HARNDT (11), indem auf einem konischen Metallstab hergestellte Kronenringe nach dem Guß wieder aufprobiert werden und der Abstand von der ursprünglichen Stelle, an der der Wachtring modelliert worden ist, gemessen und in Spaltbreite umgerechnet wird.

ILG (14) und später REITHER (20) führen ihre Messungen optisch-mechanisch mittels Tastuhren, Mikrometerspindeln und Meßmikroskopen durch.

WINDECKER (30) läßt in seinen Untersuchungen Band- und Gußkronen auf die entsprechenden Stümpfe zementieren, durchsägen und die Zementdicke zwischen Stumpf und Kronenrand ausmessen.

Anläßlich einer Demonstration in den Laboratorien der Fa. DEGUSSA wurde vorgeschlagen, auf einem gedrehten Stahlkegelstumpf eine Krone herzustellen und die Spaltbreite an der Stufe zu messen, wie dies schon vorher u.a. von KLUMPP (15) praktiziert worden ist. Hierbei wäre aber der Fehler einer zu groß geratenen Krone verdeckt worden, deshalb wurde auf die Methode von WEIKART zurückgegriffen und diese so abgewandelt, daß die über einem konischen Stahlkegelstumpf hergestellten Kronenringe nach Fertigstellung optisch vermessen werden können.

Wie schon zu Beginn angedeutet worden ist, hat man sich schon lange mit dem Problem der Metallschrumpfung und deren Kompensation beschäftigt. Die Kontraktion beim Übergang von der flüssigen zur festen Phase der Legierung führt zu kleinen Schwindungshohlräumen (Lunkern) und Porositäten, wenn nicht dafür gesorgt wird, daß aus einem Reservoir noch flüssige Schmelze in das erstarrende Gußstück gelangen kann. Das Gußobjekt wird hier noch nicht in seinen Abmessungen - also hinsichtlich der Paßgenauigkeit - verändert. Bei weiterer Abkühlung aber vom Soliduspunkt zur Zimmertemperatur tritt eine Kontraktion ein, die sich voll und ganz auf die Abmessung des Prüflings auswirkt; sie beträgt etwa 1,5 - 1,7 % linear (27).

Es ist nun Aufgabe der Einbettungsmasse, einschließlich der Wiedergabe der feinsten Strukturen eines Wachmodells, durch entsprechende Expansion die Metallkontraktion zu neutralisieren. Die im Augenblick des Gusses vergrößerte Ausgangsform wird folgendermaßen erreicht:

1. durch die Abbinde- oder Kaltexpansion der Einbettmasse, die Werte zwischen 0,1 - 0,45% linearer Ausdehnung liefert,
2. durch die thermische Expansion beim Erhitzen der Einbettmassen erhält man eine weitere lineare Vergrößerung, je nach Anteil des Quarzes oder seiner Modifikation Cristobalit um 0,9 - 1,3 %.

Die Abbindeexpansion durch die Hydratation des Gips-Halbhydrates kann durch zusätzliche Wasserzufuhr wesentlich erhöht werden: "hygroskopische Einbettung" nach SCHEU (22). Einige Autoren lehnen diese hygroskopische Expansion ab, weil sie von einer großen Anzahl nur schwer kontrollierbarer Faktoren beeinflusst wird (12). BEECK (1) meint, daß die hygro-

skopische Einbettung nach SCHEU die Wachsform im Sinne einer thermischen Expansion beeinflusst, dadurch wird aber eine Verzerrung des Wachskörpers provoziert. Andere Autoren wie TAEGE (25), FINKBEINER (8), SCHEPPACH (21) haben durchaus brauchbare Gußresultate mit der hyroskopischen Einbettung erreicht.

Wie bis jetzt geschildert, besteht für die Einbettmasse oder das Einbettverfahren die Aufgabe, die feste Schwindung des Gußmetalls auszugleichen, während alle anderen Hilfsmittel, wie z.B. Gußmaschinen u.a., dazu beitragen sollen, die Zuverlässigkeit und Exaktheit des Gusses zu garantieren.

In der Literatur besteht Uneinigkeit über die Art und Anwendung von Gußmaschinen. SPRENG (23) meint, daß der Wasserdampfguß die beste Methode sei und lehnt den Luftdruckguß ab, da hier zu viele Luftpartikelchen mit der Schmelze in die Gußkanäle gerissen würden und nachher den Guß in Form von Bläschen durchsetzen. FUCHS (9) hat in einer Arbeit das Auftreten von Lunkern bei verschiedenen Gußapparaten untersucht und kommt zu dem Ergebnis, daß hinsichtlich seiner Aufgabenstellung sowohl mit einem Druckgußautomaten (Denta Olymp) wie auch mit der Tiegelschleuder (Degussa) gute Ergebnisse zu erzielen sind.

BEECK (1) sieht die Degussa-Tiegelschleuder als das zur Zeit beste Gußgerät an; TAEGE (25) meint, daß in der Literatur aber auch noch von guten Erfahrungen mit dem Vakuumguß berichtet werde.

KYSELOVA, KYSELA und MARES (16) machten Versuche über das Formfüllvermögen von Gußapparaten. Sie benutzten dabei die Anzahl der ausgeflossenen Wicklungen eines schneckenförmig aufgerollten Wachsbandes als Kriterium: Sehr gute bis gute Ergebnisse wurden beim Luftdruck- und Wasserdampfapparat erzielt, weniger gutes Formfüllungsvermögen bei einer Zentrifugal- und Wasserdampfdruck ab, weil manchmal sogar sehr große Gasinklusionen in den Gußstücken auftreten.

### III. METHODE UND MATERIALIEN

#### a) Prüfkörper und Prüfling

Als Modell für die Gußobjekte wurde ein konischer Modellstumpf aus Metall gewählt, der uns von der Fa. FRANKONIA DENTAL (Whip-Mix-Corporation) zur Verfügung gestellt worden war und in seinen Abmessungen einem schematisierten Kronenstumpf gleicht. Dazu wurde von einem Dreher ein ringförmiger Anschlag und eine Art Mantel angefertigt, die so auf den Prüfkörper gesetzt werden, daß ein in Form und Volumen konstanter Hohlraum um immer die gleiche Stelle des Prüfkörpers entsteht. Der Wachtring ist durch die Verwendung dieser Hilfsmittel in allen Abmessungen (Form und Volumen) jedesmal gleich modelliert worden, und zwar ist die später optisch vermessene innere Unterkante am Durchmesser 9,935 mm des Prüfkörpers hergestellt worden (siehe Abb. 1). Das jeweils zum Gußverfahren gehörende Isoliermittel wird mit einem Pinsel aufgetragen und gründlich mit Preßluft abgeblasen, anschließend mit einem Batikinstrument eben verflüssigtes, entsprechendes Gießwachs in die Form eingebracht. Das erstarrende Wachs wird mit einem ringförmigen Stempel so lange komprimiert, bis es nicht mehr plastisch ist, um so möglichst die Wachsschwindung aufzufangen. Es ist wichtig zu wissen, daß eine derartige Kontraktion immer eintritt, jedoch bei brauchbaren, modernen Gußwachsen durch bestimmte Zusammensetzung und geeignete Verarbeitung klein gehalten werden kann (19). Nachdem Stempel und Mantel entfernt worden sind, werden Gußstifte genau gegenüberliegend angeschweißt. Durch die Verwendung von 3 mm starken und ca. 7 - 8 mm langen Wachsdrähten als Gußstifte wurde auf die Anbringung von verlorenen Köpfen verzichtet, zumal deren Anwendung umstritten ist (26). Bei den Versuchsreihen mit dem Druckgußapparat sind lediglich die Gußstifte am Gußmuldenende leicht konisch angespitzt und auf 2 mm Durchmesser verjüngt worden. Prüfkörper und Wachtring werden zum Ausgleich von Spannungen für 10 Minuten in ein Wasserbad von 30° C gestellt. Erst dann wird der Wachtring mittels Anschlag vom Prüfkörper gehoben und in den jeweiligen Einbettungs- und Gußverfahren weiterverarbeitet. Weiter ist das Gußobjekt immer knapp unterhalb der Mitte der Gußküvette eingebettet worden. Bei der Versuchsreihe Deguvest Hfg/Horizontalschleuder wurden dazu die Degussa-Gußküvetten entsprechend abgesägt, um unnötig lange Gußkanäle zu vermeiden. Das Wachsabbrennen und Vorwärmen ist in Elektroöfen mit Temperaturkontrolle vorgenommen worden, bei jedem Versuch sind etwa 5 g Degulor M vergossen worden. Nach Fertigstellung der Ringe werden diese nicht wieder auf den konischen Prüfkörper aufgepaßt, um ihn vor Abnutzung und Zerkratzen zu bewahren und dadurch Ungenau-

igkeiten für die jeweils folgenden Versuche zu vermeiden; zum anderen ist es sehr schwer, jede kleinste Gußperle zu erkennen und zu entfernen sowie Kraftaufwand und -richtung beim Aufschieben des Ringes auf den Konus zu normen.

Deshalb wurde der Durchmesser des Ringes optisch mit einem Meßmikroskop der Fa. CARL ZEISS bestimmt.

Dazu wurden - um Ablesefehler weitgehend zu vermeiden - vier dicht beieinander liegende Meßstellen, jeweils zwischen den Gußstiften und vier quer dazu gewählt. Es wurden also acht Messungen pro Ring vorgenommen (siehe Abb. 1b).

Die gemessenen Werte sind in Tabelle 1 dargestellt (S.15).

#### b) Die Einbettmethoden

Die Wachskronenringe wurden nach drei verschiedenen Verfahren eingebettet:

1. Einbettmasse Beauty-Cast, Schwundausgleich durch thermische Expansion;
2. Einbettmasse Beauty-Cast, Schwundausgleich durch hygroskopische Expansion; (bei der Einbettmasse Beauty-Cast läßt sich laut Herstellerfirma die benötigte Expansion sowohl durch die hygroskopische Technik als auch die konventionelle Technik des hohen Vorwärmens erzielen)
3. Deguvest Hfg ist eine gipsfreie Einbettmasse für hochschmelzende Legierungen, die zu Vergleichszwecken auch mit untersucht wird.

#### Zu 1:

Nachdem, wie bereits beschrieben, der Prüfling aus Wachs hergestellt worden ist, wird er mit schon angeschweißten Gußstiften im Whip-Mix Gußmuldenformer befestigt. Um den Einfluß des Muffelwerkstoffes auf die Expansion auszuschalten, wird die Spezialgußküvette mit zwei Lagen Asbest ausgekleidet. Die Asbestringe werden gegen Verschieben mit Klebewax (Sticky-Wax) gesichert; der fertige Gußring wird in Wasser eingetaucht und abtropfen lassen. Das Benetzungsmittel "Smoothex" wird mit weichem Pinsel aufgetragen, danach wird das behandelte Wachsobjekt sorgfältig getrocknet, die Gußküvette darüber in den Gußmuldenformer gestülpt. Abweichend von der Bedienungsanleitung habe ich mich beim Anmischen der Einbettmasse nicht auf die Dosierapparatur der Fa. Whip-Mix verlassen, sondern 50 g Pulver auf einer Laborwaage abgewogen und zu 15 ml abgestandenem destillierten Wasser in den

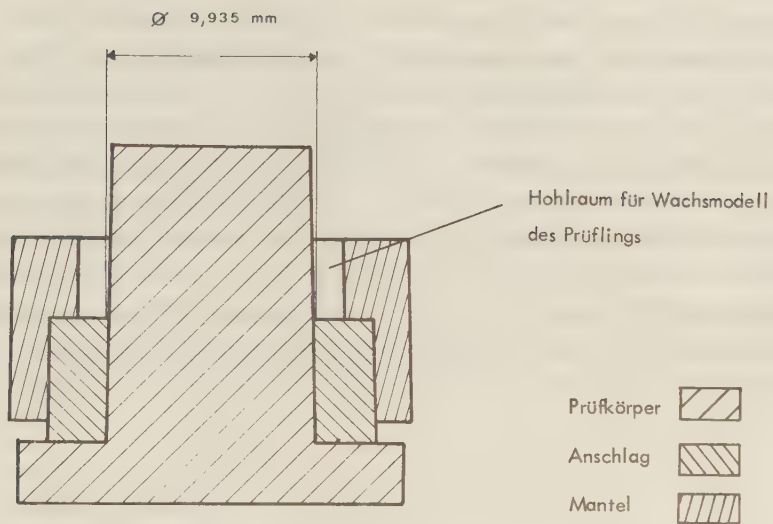


Abb. 1 a

Prüfkörper mit Anschlag und Mantel im Längsschnitt (Maßstab 1:4)

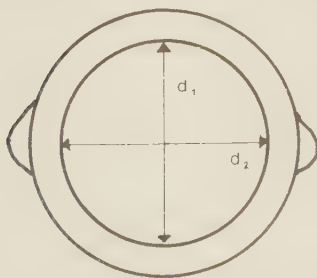


Abb. 1 b

Ansicht auf die vermessene Seite des Prüflings (Maßstab 1:4)

Die beiden Vorwölbungen sollen die Gußstiftansätze schematisieren, die Durchmesser  $d_1$  und  $d_2$  geben die beiden Hauptrichtungen der Messungen an.

Mischbehälter Vac-U-Spat gegeben, kurz mit einem Handspatel durchgemischt, Mischbehälter mit Gußküvette luftdicht zusammengesetzt, an das Kombinationsgerät "Vac-U-Vestor and Power-Mixer" angeschlossen und die Einbettmasse 20 Sekunden unter Vakuum angerührt. Noch unter Beibehaltung des Vakuums, durch Neigen des Mischbehälters und Rütteln, wird sodann die Einbettmasse in die angeschlossene Gußküvette eingebracht. Nachdem diese gefüllt ist, wird die Mischkammer durch Ausschalten der Vakuumpumpe langsam belüftet und auseinandergenommen, die Gußküvette von überschüssiger Einbettmasse befreit und genau 30 Minuten zum Abbinden und Trocknen bei Zimmertemperatur aufgestellt. Anschließend wird während 30 Minuten in einem 300° C heißen Ofen das Wachs ausgetrieben und danach bei 650° C vorgewärmt. Jetzt ist nach wiederum genau 30 Minuten die Küvette zum Guß bereit. Die Fa. Whip-Mix gibt bei diesem Einbettverfahren das Expansionsverhalten in folgenden Kurven (Abb. 2 und 3) an:

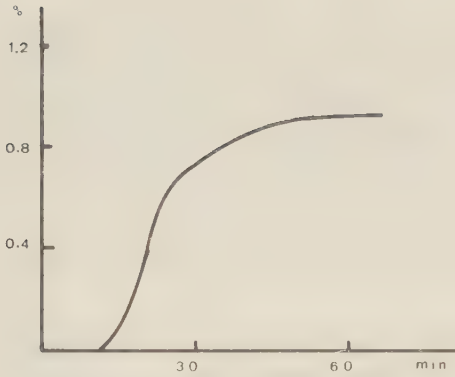


Abb. 2

Abbindeexpansion linear in % der Einbettmasse Beauty-Cast  
(umgezeichnet nach Whip-Mix Betriebsanleitung)

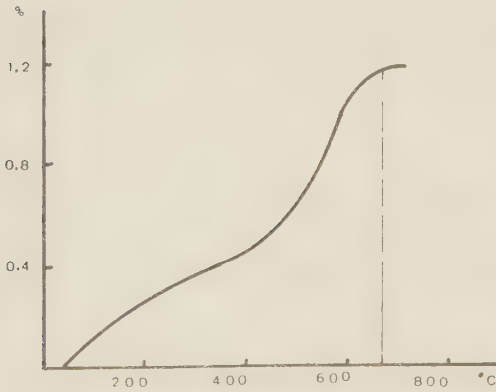


Abb. 3

Thermische Expansion linear in % der Einbettmasse Beauty-Cast  
(umgezeichnet nach Whip-Mix Betriebsanleitung)

Aus den beiden Kurven ist zu ersehen, daß wir mit einer Gesamtexpansion von ca 2 %  
linear zu rechnen haben.

## Zu 2:

Die einleitenden Arbeitsgänge (wie Wachsringerherstellung, Vorbereitung zur Einbettung, Anmischverhältnis und -dauer) bleiben die gleichen wie bei 1, nur wird jetzt nach der Vakuumeinbettung die Gußküvette bei noch weicher Einbettmasse für exakt 30 Minuten ins "Hygrobath" gestellt. Dieses ist ein Wasserbad, das thermostatisch sehr genau auf  $37,8^{\circ}\text{C}$  temperiert ist, und laut Druckschrift der Firma folgendes bewirkt:

- a) die Einbettmasse Beauty-Cast nimmt noch Wasser auf (hygroskopische Expansion);
- b) das Wachs des Gußmodells soll geschmeidig gemacht werden, um nachgeben zu können.

Durch penible Einhaltung dieser Vorschriften sollen so die Fehlerquellen beseitigt werden, vor denen z.B. BEECK (1) und WAGNER (28) bei der hygroskopischen Expansion warnen. Nach Entnahme aus dem Hygrobath wird die Küvette 15 Minuten bei Zimmertemperatur getrocknet und wie schon unter 1 beschrieben zum Guß vorbereitet, allerdings wird nur bis  $500^{\circ}\text{C}$  vorgewärmt. Die bei der hygroskopischen Einbettung auftretenden Expansionswerte sind aus Abb. 4 und 5 ersichtlich.

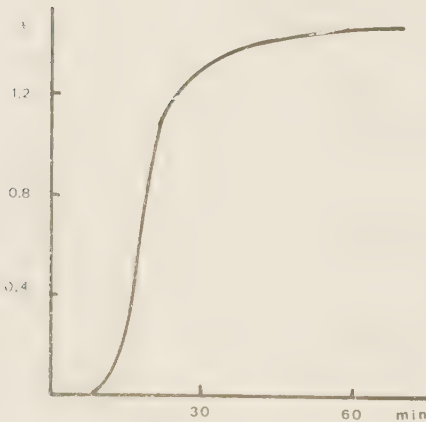


Abb. 4

Hygroskopische Abbindeexpansion linear in % der Einbettmasse Beauty-Cast  
(umgezeichnet nach Whip-Mix Betriebsanleitung)

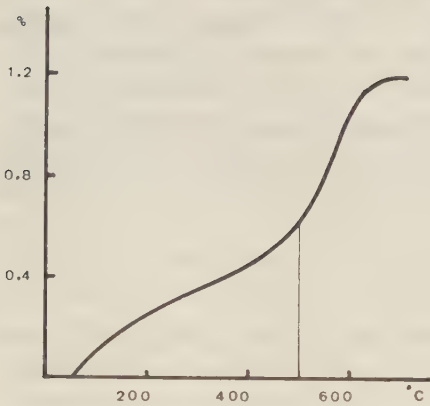


Abb. 5

Thermische Expansion linear in % der Einbettmasse Beauty-Cast  
(umgezeichnet nach Whip-Mix Betriebsanleitung)

Auch hier können wir eine Gesamtexpansion von ca 2 % linear ablesen.

### Zu 3:

Der Wachring wird mit den Gußstiften auf dem Degussagummisockler aufgewachst, mit Degussa-Netzmittel Waxit bepinselt und vorsichtig trockengeblasen. Eine Degussa Gußküvette wird mit 2 Lagen Asbest ausgekleidet, kurz in Wasser getaucht und abgeschüttelt und auf den Gummisockler geschoben. Zu einem Beutel Deguvest Hfg-Pulver (60 g) werden 8,5 ml Flüssigkeit (auf 70 % verdünnte Deguvest Hfg Flüssigkeit, wie zum Vergießen für Degulor-Legierungen empfohlen wird) in den Anrührbecher pipettiert, kurz mit dem Handspatel vorgespatelt und mit dem Degussa-Anrühr- und Evakuiergerät Multivac - 2 45 Sekunden gemischt. Auch hier wird anschließend die - hermetisch mit dem Anrührgefäß verbundene - Gußküvette im Vakuum und durch vorsichtiges Rütteln gefüllt; ist dieser Vorgang beendet, wird der Anrührbecher langsam belüftet, die Gußküvette abgenommen und bei Zimmertemperatur hingestellt. Nach 45 Minuten Abbindezeit wird der Gußtrichterformer abgenommen und die Gußküvette 30 Minuten bei 300° C ausgewachst und

und getrocknet. Anschließend wird sie in einem Elektro-Vorwärmofen mit Temperaturkontrolle bei  $750^{\circ}\text{C}$  vorgewärmt und ist nach 30 Minuten zum Guß bereit.

Die Abb. 6 und 7 nach STEGMAYER (24) verdeutlichen das Expansionsverhalten bei diesem Vorgehen. (Anmerkung: STEGMAYER untersuchte auch unter anderem das Verhalten von Deguvest bei 75%iger Konzentration der Flüssigkeit, nach der Degussa-Arbeitsanleitung liegt dabei eine 1,72%ige Gesamtexpansion vor; bei meinen Versuchen verwendete ich aber eine 70%ige Konzentration der Flüssigkeit, mit der 1,66 % Gesamtexpansion erzielt werden soll. Es müssen daher kleine Abstriche gemacht werden.)

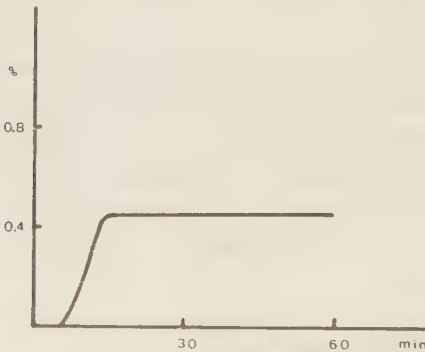


Abb. 6

Abbindeexpansion linear in % der Einbettmasse Deguvest Hfg (n. Stegmayer)

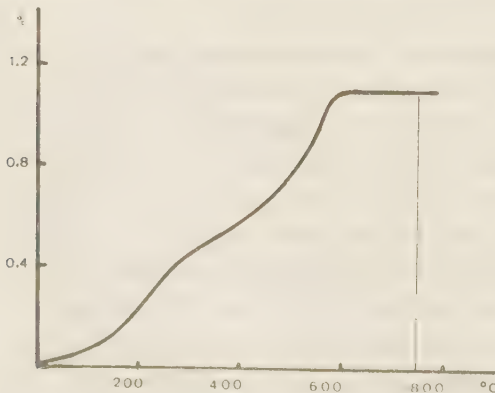


Abb. 7

Thermische Expansion linear in % der Einbettmasse Deguvest Hfg (n. Stegmayer)

### c) Die Gußapparate

Folgend sollen die bei den Versuchen benutzten Gußapparate vorgestellt und deren Wirkungsweise erläutert werden.

Der Degussa-Apparat arbeitet nach dem Horizontalschleudersystem. Eine kräftige Feder, die vor jedem Gußvorgang immer gleichmäßig gespannt wird, ist um eine senkrechte Welle mit Freilauf gelagert und versetzt diese nach Auslösen des Arretierungsmechanismus mit großer Beschleunigung in Drehung. Ausbalanciert durch Gegengewichte befindet sich an einem horizontalen Hebel gelenkig angebracht die Gußküvettenhalterung mit der Schmelzvorrichtung; diese elektrisch betriebene Schmelzvorrichtung besteht aus einer starkwandigen Röhre aus hitzebeständigem Material, in die spiralförmig ein Heizelement eingelassen ist. Das Gußmetall wird in einem Kohletiegel in der heißesten Zone geschmolzen; der Schmelzprozeß kann durch einen Metallspiegel überwacht werden. Sobald die Schmelze spiegelt, wird die Klemmzange, die über eine Zuleitung einen als Energiequelle dienenden Trafo mit der Heizspirale verbindet, abgenommen, die Gußküvette aus dem Vorwärmofen in den entsprechenden Halter gesetzt, die Schmelzvorrichtung mit Kohletiegel wird bis zum Anschlag an die Küvette vorgeschoben und durch Entriegeln der Arretierung die Drehbewegung ausgelöst, der abgewinkelte Gelenkarm schnellt nach außen. Die Fliehkraft läßt die Schmelze durch ein Loch am halbkugelförmigen Boden des Kohletiegels in Gußtrichter und -form der dahinterliegenden Küvette fließen. Nach einiger Zeit wird die Drehbewegung zum Stillstand kommen, die Gußküvette kann nun entnommen werden. (Um den Apparat für den nächsten Guß vorzubereiten, spannt man die Feder durch Drehen des Armes in Uhrzeigersinn, der Gelenkarm wird abgewinkelt und man stellt den Kontakt zwischen Schmelzvorrichtung und Trafo wieder her.)

Nach langsamer Abkühlung der Küvette auf Zimmertemperatur wird vorsichtig ausgebettet, der Guß abgespült, gebürstet und in dem handelsüblichen Abbeizmittel Neocid abgesäubert, nochmals gespült und trocken geblasen. Der Ring kann jetzt ausgemessen werden.

Nachteilig soll sich die nicht laminare Strömung auswirken, die entsteht, wenn die Schmelze durch die Zentrifugalkraft stark beschleunigt in die Gußhohlform eindringt. Vorteile bietet hingegen das separate Schmelzen wodurch dicke Gußkanäle möglich und daraus folgend wenig Lunker im Kohletiegel (keine Oxidation von Legierungsbestandteilen).

Der Whip-Mix Triaster ist ein Druckluft-Vakuum-Gußautomat. Auf einem Chassis ist ein rotierender Gießtrichter befestigt, der mittels verschiedener Zentralscheiben und Zwischenringe zur Aufnahme der jeweiligen Gußküvette hergerichtet werden kann. Durch den Anschluß

an eine Saugpumpe (hier die Evakuierpumpe des "Vac-U-Vestor and Powermix") wird das Innere des Gießtisches luftleer gepumpt, sobald die Gußküvette - abgedichtet mittels des Asbesttringes - auf diesen Gießtisch gepreßt wird, das Vakuum soll dann auch durch die "Spezialeinbettmasse" hindurch in der Gußhohlform entstehen. Am hinteren Teil des Chassis ist ein Handhebel gelenkig befestigt, der mit einem Riegel gesperrt werden kann und einen federnd aufgehängten Stempel mit Asbestfutter trägt. Vom Preßlufteingang auf der Rückseite gehen zwei durch Manometer und Ventile gesteuerte Zuleitungen an den Stempel. Will man gießen, so stellt man zunächst den Handhebel nach oben, reguliert die Manometer auf ca. 0,33 atü und 1,1 atü, schließt die Vakuumpumpe an den Gießtisch an und setzt die vorgewärmte Gußküvette auf. Schon beim Einbetten ist darauf zu achten, daß kein tiefer konusförmiger Gußtrichter, sondern vielmehr eine flache Gußmulde geschaffen wird. Auch dürfen die Gußkanäle nicht dicker als zwei Millimeter sein. Durch diese Anordnungen ist gewährleistet, daß beim anschließenden Schmelzen des Metalles mit dem reduzierenden Teil der Lötpistolenflamme die flüssige Legierung komplett durchgeschmolzen wird und nicht schon vorher unbeabsichtigt in die Gußkanäle gedrückt wird. Sobald die Schmelze dann spiegelt, wird der Stempel mit dem Handgriff rasch, aber nicht zu plötzlich auf die Gußküvette herabgesenkt und durch den Riegel arretiert. Wenn Stempel, Küvette und Gießtisch miteinander verbunden werden, kommen kurz nacheinander drei Vorgänge zur Wirkung: die Hohlform wird evakuiert, das Ventil für den geringeren Druck öffnet sich und drückt die Schmelze mit Vakuumunterstützung in die Form, jetzt wird der Hochdruck durch das zweite Ventil gesteuert auf die Gußküvette gegeben. Durch den Riegel bleibt die Apparatur so miteinander verbunden, nach etwa einer halben Minute wird der Riegel gelöst, der Handhebel nach oben geklappt und der Gießtisch belüftet. Die Küvette mit dem erstarrten Guß wird langsam auf Zimmertemperatur abgekühlt und wie schon oben beschrieben ausgebettet.

Man erhofft sich laut Arbeitsanleitung der Fa. Whip-Mix von diesem Prinzip mehrere Vorteile:

relativ einfache und ungefährliche Apparatur;

durch Vakuum und leichten Anfließdruck Vermeidung der turbulenten Strömung beim Einfluß der Schmelze und durch den Hochdruck danach Ausfließen auch der feinsten Formen.

Das direkte Schmelzen auf der Küvette soll sich nicht nachteilig auswirken.

#### d) Die Versuchsreihen

Außer den zahlreichen, hier nicht berücksichtigten Vorversuchen zur Ermittlung von günstigen Versuchsanordnungen, sind pro Versuchsreihe 8 Güsse angefertigt worden, bei 6 Reihen also insgesamt 48.

| Gußapparate:                   | Einbettmethoden:                                                                 | Versuchsreihe: |     |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----|
| 1. Degussa Horizontalschleuder | Deguvest Hfg                                                                     | (1)            | I   |
|                                | Beauty-Cast (+ High heat)<br>Schwundausgleich durch thermische Expansion         | (2)            | II  |
|                                | Beauty-Cast (+Hygrobath)<br>Schwundausgleich durch hygro-<br>skopische Expansion | (3)            | III |
| 2. Whip-Mix Tricaster          | Deguvest Hfg                                                                     | (1)            | IV  |
|                                | Beauty-Cast (+ High heat)                                                        | (2)            | V   |
|                                | Beauty-Cast (+ Hygrobath)                                                        | (3)            | VI  |

Die entsprechenden Meßergebnisse sind in Tabelle 1 (Versuchsreihe I bis VI) aufgeführt.

Tabelle 1

Meßwerte (alle Maße in 1/100 mm)

Die Meßwerte der 8 Ringe einer Versuchsreihe sind in 8 waagrechten Reihen abgetragen; zunächst die 4 Werte in Richtung quer zu den Gußstiftansätzen (Durchmesser d1), dann die zwischen den Gußstiftansätzen (Durchmesser d2). Die letzte Spalte gibt jeweils den rechnerischen Mittelwert aus den Meßwerten davor an, ganz unten steht der Mittelwert der gesamten Versuchsserie.



### Versuchsreihe III

(Gußapparat 1, Einbettmethode 3)

| d <sub>1</sub> |      |      |      | d <sub>2</sub> |      |      |      | Mittelwert<br>der Ringe |
|----------------|------|------|------|----------------|------|------|------|-------------------------|
| 1000           | 1001 | 1001 | 1001 | 1000           | 999  | 998  | 999  | 999,875                 |
| 1000           | 999  | 998  | 998  | 1000           | 1001 | 1000 | 1002 | 999,750                 |
| 1000           | 1000 | 1000 | 1000 | 999            | 1000 | 999  | 999  | 999,625                 |
| 1005           | 1006 | 1007 | 1007 | 1001           | 1000 | 1000 | 1001 | 1003,375                |
| 1001           | 1002 | 1002 | 1002 | 1007           | 1007 | 1007 | 1006 | 1004,250                |
| 1001           | 1001 | 1001 | 1001 | 1002           | 1002 | 1002 | 1002 | 1001,500                |
| 1007           | 1007 | 1007 | 1007 | 1008           | 1008 | 1005 | 1004 | 1006,625                |
| 997            | 997  | 997  | 998  | 1000           | 999  | 999  | 1000 | 998,375                 |

Mittelwert der Reihe 1001,6719

### Versuchsreihe IV

(Gußapparat 2, Einbettmethode 1)

| d <sub>1</sub> |      |      |      | d <sub>2</sub> |      |      |      | Mittelwert<br>der Ringe |
|----------------|------|------|------|----------------|------|------|------|-------------------------|
| 1003           | 1003 | 1003 | 1003 | 1004           | 1005 | 1004 | 1004 | 1003,625                |
| 1001           | 1001 | 1001 | 1001 | 1000           | 1000 | 1001 | 1001 | 1000,750                |
| 1000           | 1000 | 1000 | 1000 | 1000           | 999  | 1000 | 1000 | 999,875                 |
| 1001           | 1001 | 1001 | 1002 | 1002           | 1002 | 1002 | 1002 | 1001,625                |
| 998            | 998  | 998  | 998  | 998            | 998  | 999  | 998  | 998,125                 |
| 1002           | 1002 | 1002 | 1002 | 1003           | 1004 | 1003 | 1003 | 1002,625                |
| 1001           | 1001 | 1001 | 1001 | 1001           | 1001 | 1000 | 1000 | 1000,750                |
| 999            | 998  | 999  | 999  | 999            | 999  | 999  | 999  | 998,875                 |

Mittelwert der Reihe 1000,7812



#### IV. STATISTISCHE METHODE

Ziel der statistischen Auswertung ist, die aus den Messungen gewonnenen Mittelwerte (Tab. 1) in Zusammenhang mit den auftretenden Streuungen zu untersuchen und auf dem Weg der Prüfung statistischer Hypothesen zu Sachaussagen zu kommen. Bezüglich der Einzelheiten der benutzten statistischen Verfahren sei auf die Fachliteratur verwiesen. Hier sollen nur einige Anmerkungen gemacht werden, die das Verständnis der Ergebnistabellen erleichtern (29).

Die Meßergebnisse werden zunächst einer Varianzanalyse unterzogen. Diese eliminiert aus der Gesamtstreuung der Meßergebnisse die Streuungen einzelner Einflußgrößen (Faktoren) sowie deren gegenseitige Beeinflussung (Wechselwirkung) und beurteilt diese unabhängig voneinander. In der ersten Spalte der Varianzanalysentabelle werden diese Faktoren und Wechselwirkungen aufgeführt. Die zweite Spalte (Summe der Abweichungsquadrate = SAQ) enthält die entsprechenden Anteile an der Gesamtstreuung. Die Division der SAQ durch die sog. Freiheitsgrade (FG, dritte Spalte) führt zu den mittleren Abweichungsquadraten (MAQ, Spalte 4), die das eigentliche Streuungsmaß darstellen. Im F-Test (Spalte 5 und 6) wird geprüft, ob dieser Streuungsanteil wesentlich größer ist als nach der Versuchsstreuung zu erwarten. Die Beurteilung der errechneten F-Werte erfolgt durch Festsetzung einer geeigneten Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  durch Vergleich mit den tabulierten Werten der F-Verteilung. Ist der berechnete Wert größer als der Tabellen-F-Wert für  $p = 0,01$ , so spricht man von einem signifikanten Ergebnis. Die Annahme, daß zwischen den einzelnen Stufen eines Faktors oder einer Wechselwirkung keine wesentlichen Unterschiede bestehen (sog. Nullhypothese), kann dann nicht aufrecht erhalten werden. Wird jedoch nur der kleinere Tabellenwert für  $p = 0,05$  überschritten, so spricht man von einem statistisch auffälligen Ergebnis.

Zur weiteren Klärung der Mittelwertunterschiede wurden Konfidenzintervalle nach TUKEY berechnet (29); die Ergebnisse sind in Tabelle 3 und 4 dargestellt.

Varianzanalysentabelle

|    | Faktoren und Wechselwirkungen     | SAQ     | FG  | MAQ     | F-Wert | Beurteilung<br>* auffällig (p=0,05)<br>** signif. (p=0,01) |
|----|-----------------------------------|---------|-----|---------|--------|------------------------------------------------------------|
|    |                                   |         |     |         |        |                                                            |
| 1  | Wiederholungen                    | 18,7226 | 42  | .4458   | 85,73  | **                                                         |
| 2  | Messung                           | .0055   | 3   | .0018   | 0,28   |                                                            |
| 3  | Durchmesser                       | 0,1388  | 1   | .1388   | 1,56   |                                                            |
| 4  | Einbettverfahren                  | 22,1272 | 2   | 11,0636 | 24,82  | **                                                         |
| 5  | Gießverfahren                     | 1,9694  | 1   | 1,9694  | 4,42   | *                                                          |
| 6  | Wiederh./Mess.                    | 0,8004  | 126 | .0064   | 1,24   |                                                            |
| 7  | Wiederh./Durchm.                  | 3,7483  | 42  | .0892   | 17,15  | **                                                         |
| 8  | Mess./Durchm.                     | .0061   | 3   | .0020   | 0,38   |                                                            |
| 9  | Mess./Einbettv.                   | .0276   | 6   | .0046   | 0,72   |                                                            |
| 10 | Mess./Gießverf.                   | .0197   | 3   | .0066   | 1,03   |                                                            |
| 11 | Durchm./Einbettv.                 | .0601   | 2   | .0300   | 0,34   |                                                            |
| 12 | Durchm./Gießverf.                 | .0190   | 1   | .0190   | 0,04   |                                                            |
| 13 | Einbettv./Gießverf.               | 5,7601  | 2   | 2,8800  | 6,46   | *                                                          |
| 14 | Wiederh./Mess./Durchm.            | 0,6523  | 126 | .0052   | --     |                                                            |
| 15 | Mess./Durchm./Einbettv.           | .0347   | 6   | .0058   | 1,12   |                                                            |
| 16 | Mess./Durchm./Gießverf.           | .0034   | 3   | .0011   | 0,21   |                                                            |
| 17 | Mess./Einbettv./Gießverf.         | .0131   | 6   | .0022   | 0,34   |                                                            |
| 18 | Durchm./Einbettv./Gießverf.       | .0677   | 2   | .0338   | --     |                                                            |
| 19 | Mess./Durchm./Einbettv./Gießverf. | .0246   | 6   | .0041   | --     |                                                            |

Tabelle 3

Anordnung der Mittelwerte nach Größe

|    |           | Einbettverfahren | Gießverfahren |
|----|-----------|------------------|---------------|
| 1. | 100.17812 | 1                | 1             |
| 2. | 100.16719 | 3                | 1             |
| 3. | 100.07812 | 1                | 2             |
| 4. | 99.70469  | 3                | 2             |
| 5. | 99.61719  | 2                | 2             |
| 6. | 99.48437  | 2                | 1             |

Tabelle 4

Vergleichsmatrix der Mittelwertsdifferenzen

| Einbettverfahren |   | 3       | 1       | 3       | 2       | 2       |
|------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Gießverfahren    |   | 1       | 2       | 2       | 2       | 1       |
| 1                | 1 | 0,01093 | 0,10000 | 0,47343 | 0,56093 | 0,69375 |
| 3                | 1 | -       | 0,08907 | 0,46250 | 0,55000 | 0,68282 |
| 1                | 2 | -       | -       | 0,37343 | 0,46093 | 0,59385 |
| 3                | 2 | -       | -       | -       | 0,09750 | 0,22032 |
| 2                | 2 | -       | -       | -       | -       | 0,13282 |

Kritischer Wert = 0,427

## V. ERGEBNIS UND DISKUSSION

Aus Zeile 13 der Varianzanalysetabelle (Tab. 2) ist ersichtlich, daß die Wechselwirkung Einbettverfahren/Gießverfahren statistisch signifikant ist. Es kann gefolgert werden, daß die Unterschiede der Werte bei den Gießverfahren von den jeweils verwendeten Einbettverfahren abhängig sind. Die Gießverfahren für sich allein unterscheiden sich nur statistisch auffällig (Zeile 5), während sich die Einbettverfahren signifikant unterscheiden (Zeile 4). Aus Zeile 1 ist zu ersehen, daß aber auch Unterschiede zwischen den Ringen innerhalb der Reihen bestehen. Für die sechs möglichen Kombinationen aus den drei Einbettverfahren und den beiden Gußverfahren wurden beim TUKEY-Test die Mittelwerte nach Größe geordnet in Tabelle 3 aufgetragen. In Tabelle 4 sind die 15 möglichen Differenzen zwischen je zwei dieser Mittelwerte eingeordnet. Die stark gezeichnete Treppenlinie trennt die signifikanten Mittelwertdifferenzen - das sind Mittelwertdifferenzen, die den kritischen Wert  $= 0,427$  überschreiten - von den im Zufallsbereich liegenden (unterhalb). Von den Differenzen seien zunächst die Werte der verschiedenen Einbettmassen bei gleichem Gußverfahren betrachtet. Meistens wird der kritische Wert überschritten.

Bei den Werten der gleichen Einbettmassen und verschiedenen Gußverfahren wird die Grenze lediglich bei Einbettverfahren 3 (Beauty-Cast mit Hygrobath) gerade eben überschritten; es kann die These, daß die Unterschiede der Werte bei den Gußverfahren von den jeweils verwendeten Einbettmethoden abhängig sind, untermauert werden.

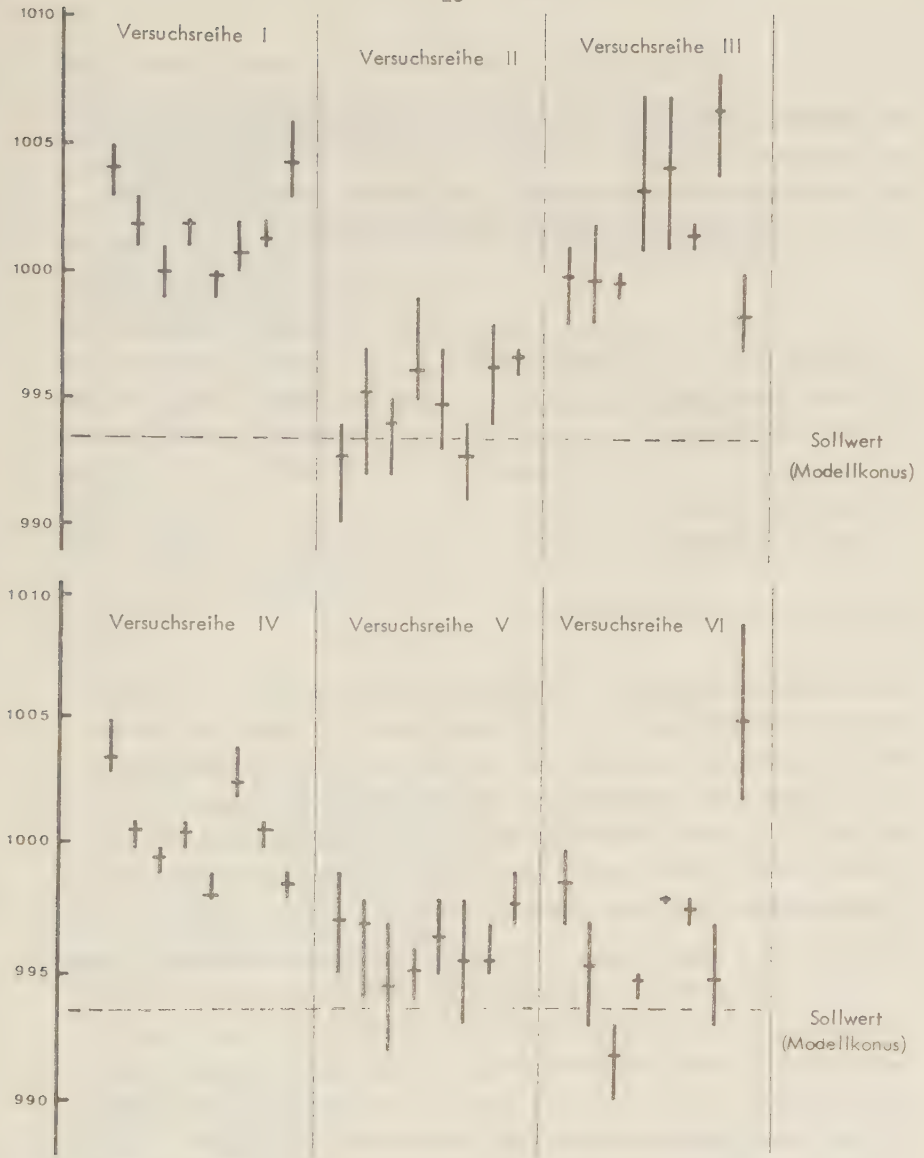


Abb. 8

Mittelwerte und Spannweiten der Meßwerte bei 3 Einbettmassen, 2 Gußverfahren  
(6 Versuchsreihen) und 8 Wiederholungen (alle Maße in 1/100 mm)

Aufschlüsselung der Versuchsreihen siehe Seite 15.

Die statistische Auswertung hat also ergeben, daß die Paßgenauigkeit der Ringe nicht so sehr vom Gußverfahren abhängig ist, vielmehr wird sie von den verwendeten Einbettmassen und -verfahren beeinflußt. Betrachten wir die Mittelwerte der Reihen und vergleichen sie mit dem Durchmesser des Modellkonus so ergibt sich folgendes:

|     |                       |                   | Modell-<br>konus Ø | durchschn.<br>Ø d. Ringe | Diff. von<br>Modellk. Ø<br>u. Ring Ø | Spalt-<br>breite |
|-----|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------|
| I   | Deguvest Hfg          | Degussa-Schleuder |                    | 10018                    | 83                                   | 41               |
| II  | Beauty-Cast High heat | "                 |                    | 9948                     | 13                                   | 6                |
| III | Beauty-Cast Hygroboth | "                 |                    | 10017                    | 82                                   | 41               |
| IV  | Deguvest Hfg          | W.M. Tricaster    | 9935               | 10008                    | 73                                   | 36               |
| V   | Beauty-Cast High heat | "                 |                    | 9962                     | 27                                   | 13               |
| VI  | Beauty-Cust Hygroboth | "                 |                    | 9970                     | 35                                   | 17               |

alle Werte in  $\mu$  (zum Teil abgerundet)

Die Mittelwerte der Reihen II, V, VI liegen dabei im Toleranzbereich der von WEIKART gestatteten Spaltbreiten von 10 - 25  $\mu$ . Die anderen Werte I, III, IV sind zwar in dieser Hinsicht schlechter, sie kommen aber immer noch der Forderung DREYER-JÖRGENSENS nach, der Spaltbreiten bis zu 50  $\mu$  erlaubt. Bei zusätzlicher Berücksichtigung aber der Abbildung S.22 fällt bei einigen Kombinationen Einbettmasse/Gußverfahren auf, daß größere Spannweiten und voneinander unterschiedlichere Durchschnittswerte einzelner Ringe einer Reihe vorhanden sind, besonders bei III und VI.

Da die Ringe dieser beiden Reihen u.a. mit Hilfe der hygroskopischen Einbettung gewonnen worden sind, werden HEHRINGS (12) und BEECKS (1) Befürchtungen hinsichtlich einer Verziehung des Wachmodells durch diese Einbettmethode bestätigt. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß man die Einbettmassen durch Variieren des Mischungsverhältnisses Flüssigkeit/Pulver "einstellen" (d.h. die Expansion in gewissen Grenzen ändern) kann. Die relativ großen Spaltbreiten wie bei I und IV sind also leicht zu verringern, was in Verbindung mit streuungsarmen und in den Abmessungen immer wieder reproduzierbaren Gußstücken zu noch genaueren und befriedigenderen Ergebnissen führt.

Somit ist auch die Feststellung HÖFERS (8), der schreibt: "Es ergibt sich, daß nur bei Anwendung der hygroskopischen Methode die Kompensation der beim Guß vorhandenen Metallschrumpfung zu erwarten ist", nicht mehr aufrecht zu erhalten.

Darüber hinaus hat EICKHOFF (7) gefunden, daß auch hinsichtlich des Auftretens von Lunkern die hygroskopische Einbettung - und der dadurch ermöglichte Kaltguß - keine besseren Ergebnisse erzielen kann.

Beim Gußapparat Tricaster ist die Handhabung leichter und ungefährlicher als bei einer Zentrifugalschleuder; allerdings entfallen beim indirekten Schmelzen, wie beim Degussa-Kohletiegel, die Probleme der Legierungsveränderungen durch das direkte Schmelzen mit der Lötpistolenflamme beim Tricaster.

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde untersucht, inwieweit die Paßgenauigkeit gegossener Kronenringe vom Gußverfahren und der Einbettungsmethode abhängig ist. Um die günstigsten Verfahren zu ermitteln, wurden jeweils in einer Serie 8 Ringe nach drei Einbettmethoden kombiniert mit zwei Gußverfahren hergestellt. Wie gezeigt, hat das Gußverfahren im engeren Sinn den geringsten Einfluß auf die Paßgenauigkeit.

Es hat sich erwiesen, daß vielmehr die Einbettmasse, ihre Verarbeitung und das Einbettungsverfahren entscheidend die Paßgenauigkeit des Gußstückes bestimmen. Alle Einbettverfahren liefern zwar Werte, die noch im Toleranzbereich (Spaltbreiten bis 50  $\mu$ ) liegen, bemerkenswert ist, daß die Ringe, die nach der hygroskopischen Einbettung hergestellt worden sind, größere Abweichungen der Durchmesser in sich und untereinander aufweisen als die, die nach Verfahren mit rein thermischer Expansion der Einbettmassen gewonnen worden sind. Die u.a. auch von Whip-Mix bzw. Frankonia-Dental propagierte hygroskopische Einbettung, und sei sie auch durch noch so genaue Arbeitsgänge und sorgfältig abgestimmte Materialien genormt, bringt hinsichtlich der Paßgenauigkeit nicht die erwarteten Vorteile.

Fotografische Abbildungen

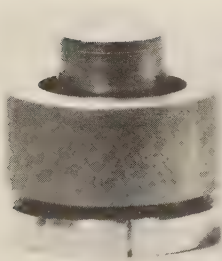


Abb. 9

Prüfkörper, Anschlag und Mantel  
zusammengesetzt

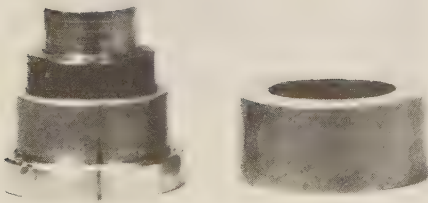


Abb. 10

Mantel entfernt;  
Prüfling in Wachs modelliert



Abb. 11

Prüfling fertig zum Einbetten (für die Reihen  
Degussa Horizontalschleuder/Beauty-Cast)

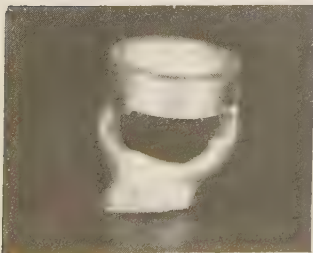


Abb. 12

Gegossener Prüfling (die obere, zum Betrachter  
nach vorn geneigte Seite wird vermessen)

## VII. LITERATURVERZEICHNIS

1. BEECK, K.H.                      Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren und ihre praktische Auswertung  
Dtsch.zahnärztl.Z. 13, 470 (1958)
2. DEMMEL, H.-J.                  Der Einfluß verschiedener Zementsorten auf den Randschluß paßgenauer Kronen  
Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 700 (1971)
3. DREYER-JÖRGENSEN, K.        Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren  
Dtsch.zahnärztl.Z. 13, 461 (1958)
4. EICHNER, K.                      Der Kronenrand und das maximale Parodontium aus klinischer Sicht.  
Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 741 (1969)
5. EICHNER, K.                      Der Kronenrand (Diskussion)  
VOSS, R.                              Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 742 (1971)
6. EICHNER, K.                      Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihrer Verarbeitung  
Berlin 1967
7. EICKHOFF, J.                      Der Kalt-Vakuumdruckguß in der Zahnheilkunde  
Med. Diskussion Mainz 1971
8. FINKBEINER, K.                  Der Einfluß unterschiedlicher Behandlung der Einbettmasse auf das Endmaß des Gußstückes  
Dtsch.zahnärztl.Z. 21, 498 (1966)
9. Fuchs, K.D.                      Der Einfluß der Gußapparate auf die Qualität des zahnärztlichen Gusses  
Med.Dissertation Mainz 1967

10. GROPP, H.P.  
SCHWINDLING, R.  
Statistische Feststellung über fehlerhafte Kronengestaltung mit Folgen auf Zahn, Parodont und Gingiva  
Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 734 (1971)
11. HARNDT  
aus WEIKART (17)
12. HEHRING, H.  
Einbettmassen  
aus EICHNER, K. (3)
13. HÖFER, G.  
Über das Volumenverhalten einiger zahnärztlicher Einbettmassen unter Berücksichtigung der hygroskopischen Expansion nach Scheu  
Med. Dissertation, Leipzig 1957
14. ILG, V.K.  
Über Expansions- und Kontraktionserscheinungen in der indirekten Technik.  
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 58, 95 (1948)
15. KLUMPP, D.  
Einfluß des Muffelwerkstoffes auf die Paßgenauigkeit zahnärztlicher Güsse  
Med. Dissertation Mainz 1959
16. KYSELOVA, I.  
KYSELA, B.  
MARES, I.  
Der Einfluß der Gußapparate auf das Vorkommen der Defekte in Dentalgüssen  
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 69, 403 (1959)
17. OWASSAPIAN, S.  
Der Einfluß verschiedener Abdruckmaterialien und Modellwerkstoffe auf die Paßgenauigkeit von MOD-Gußfüllungen  
Med. Dissertation Mainz 1964
18. REHBERG, H.J.  
Exakter Randschluß - was ist das?  
Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 696 (1971)

19. REHBERG, H.J.                      Zahnärztliche Wachse  
aus EICHNER, K. (3)
20. REITHER, W.                        Neue Versuche zur Gußtechnik  
Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 1252 (1965)
21. SCHEPPACH, U.                      Der Einfluß verschiedener Einbettmethoden  
auf die Paßgenauigkeit von Gußfüllungen  
Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-  
Universität zu Berlin, Math.-Nat. R XVII 3 (1968)
22. SCHEU, C.H.                        Präzisionsguß unter Benutzung der hygroskopischen  
Eigenschaft des Gipses in der Einbettmasse zur  
Herstellung expandierter Formen  
Dtsch.zahnärztl.Wschr. 37, 493 (1934)
23. SPRENG, M.                         Edelmetalle  
aus Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Band V, Berlin-München 1955
24. STEGMAYER, H.-M.                Abbindeexpansion und thermische Expansion  
einiger gipsfreier Einbettmassen für hoch-  
schmelzende Edelmetalllegierungen  
Med. Dissertation Mainz 1970
25. TAEGE, F.                          Moderne zahnärztliche Gußverfahren  
Dtsch.Stomat. 7, 182 (1957)
26. VOSS, R.                            Zu speziellen Fragen der Gußtechnik  
Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 1220 (1967)
27. WAGNER, E.                         Edelmetalle  
aus EICHNER, K. (3)
28. WEIKART, P.                        Grenzen und Prüfung der Gußgenauigkeit  
Dtsch.zahnärztl. Z. 12, 897 (1957)

- |                   |                                                                                                                         |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 29. WEBER, E.     | Grundriß der biologischen Statistik<br>Stuttgart 1967                                                                   |
| 30. WINDECKER, D. | Einfluß des Herstellungsverfahrens auf<br>den Randschluß von Metallkronen<br>Dtsch.zahnärztl. Z. <u>26</u> , 706 (1971) |



Herrn Prof. Dr. H. Marx danke ich für die Überlassung des Themas und für seine hilfreiche und geduldige Unterstützung.

Herrn Dr. E. Scheidt bin ich zu Dank für seine Mithilfe bei der Bearbeitung des statistischen Teiles verpflichtet, ebenso Herrn Dr. Ing. E. Wagner von der Fa. Degussa für seine Anregungen und das Überlassen des Gußmetalles.

Frau H. Redlich fertigte die fotografischen Abbildungen, Herr J. Pfeiffer stellte die Formdrehteile für den Prüfkörper her, auch ihnen danke ich herzlich.



## Lebenslauf

Als Sohn des Friedrich Lüder und seiner Ehefrau Lore Lüder, geb. Wever, wurde ich am 9.4.1944 in Bitterfeld geboren. 1948 flüchteten wir aus der damaligen Sowjetzone nach Niedersachsen, wo ich 1950 in Dörverden/Weser eingeschult wurde. Nach bestandener Aufnahmeprüfung konnte ich ab Ostern 1954 das Domgymnasium in Verden/Aller besuchen; einige Monate später verzogen wir nach Rodalben/Pfalz, ich wurde dann auf das heutige Leibniz gymnasium in Pirmasens aufgenommen, wo ich 1964 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1964 begann ich mit dem Studium der Naturwissenschaften an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, im Wintersemester 1964/65 wechselte ich zur Zahnmedizin über. Im Frühjahr 1967 legte ich die zahnärztliche Vorprüfung ab und im Dezember 1969 das Staatsexamen.

Seit dem 1. Januar 1970 bin ich als Zahnarzt in der Konservierenden Abteilung der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Mainz beschäftigt. Vom 1.10.1970 bis zum 31.3.1972 absolvierte ich einen 18-monatigen Wehrdienst als Truppenzahnarzt.

Am 13.10.1972 habe ich mich mit Fräulein Marianne Schwebius verheiratet.









